

Diana Maciąga
Robert Wawręty

Zielona energetyka

Zmiana systemu, a nie tylko paliwa



Spis treści



3 Wstęp

6 System energetyczny przyszłości

8 Potencjał zielonej energii dla Polski

9 Ryzyka związane z systemem scentralizowanym:
(nie)bezpieczeństwo militarne i zagrożenia klimatyczne

11 Stabilizacja systemu energetycznego

11 Rola sieci elektroenergetycznych

15 Zarządzanie stroną popytową energii

16 Magazyny energii – narzędzia bilansowania systemu OZE

17 ESP, czyli elektrownie szczytowo-pompowe

18 Biogaz – tylko odpadowy

20 Uwaga na fałszywe rozwiązania

20 Biomasa drzewna to nie OZE

22 Ograniczona rola wodoru

24 Dane i źródła

Wydawca: Stowarzyszenie Pracownia na rzecz Wszystkich Istot,
ul. Jasna 17, 43-360 Bystra, Polska • www.pracownia.org.pl • biuro@pracownia.org.pl

Copyright © by Stowarzyszenie Pracownia na rzecz Wszystkich Istot, 2023

Redakcja: Katarzyna Wiekiera
Infografiki: Magdalena Warszawa, Tomasz Kuc/Proergo
Opracowanie graficzne: Tomasz Kuc/Proergo

Wstęp



Mamy technologie, których potrzebujemy. Mamy wiatr, słońce, geotermię, energię wody, samochody elektryczne. Mamy baterie, pompy ciepła, efektywność energetyczną. Mamy 95% technologii, których potrzebujemy, aby rozwiązać problem (...). Barię nr 1 jest to, że większość ludzi nie ma świadomości, że jest to możliwe.

Mark Z. Jacobson, prof. Uniwersytetu Stanforda „Nie potrzebujemy cudów”

Można poradzić sobie nie tylko bez paliw kopalnych, ale też bez upraw energetycznych i cięcia drzew na opał, bez gazu ziemnego, atomu i zapór na rzekach – jednocześnie.

Marcin Popkiewicz „Zrozumieć transformację energetyczną. Od depresji do wizji”

Kryzys energetyczny, ekonomiczny i klimatyczny to najważniejsze wyzwania z jakimi mierzy się obecnie Polska, inne kraje Europy i świata. Wojna w Ukrainie oraz susze wywołane globalnym ociepleniem obnażyły słabości krajowych systemów energetycznych opartych na wielkich elektrowniach oraz paliwach kopalnych – węgla i gazu. Dzisiejszy system energetyczny Polski bazuje na nieelastycznej, starzejącej się infrastrukturze – blokach węglowych. Planowane jest ich zastąpienie nowymi blokami gazowymi i elektrowniami jądrowymi, których odnawialne źródła energii (OZE) miałyby być jedynie uzupełnieniem. Takie plany zakładają rozwój wielkoskalowej energetyki, która należy do przeszłości i są pisane w interesie spółek paliwowo-energetycznych. Kontynuowanie takiego modelu energetyki zagraża bezpieczeństwu Polski oraz stabilności ekonomicznej społeczeństwa i całej gospodarki.

Jeśli chcemy osiągnąć neutralność klimatyczną po to by powstrzymać najpoważniejsze konsekwencje zmian klimatu, zgodnie z wiedzą naukową, kraje Europy najszybciej powinny odejść od produkcji energii elektrycznej z paliw kopalnych – już do 2035 r. System energetyczny oparty w 100% na odnawialnych źródłach energii to cel, do którego dąży wiele europejskich krajów. Zastąpienie paliw kopalnych OZE nie tylko ogranicza emisje i wzrost cen energii, ale również zaleźność importową od producentów surowców energetycznych i jest obecnie warunkiem zachowania konkurencyjnej gospodarki. Transformacja jest też szansą na głębszą zmianę – odejście od scentralizowanego systemu energetycznego, którego beneficjentami są koncerny energetyczne i oddanie energii w ręce ludzi. W przypadku Polski oddolny, rozproszony system oparty na OZE najszybciej i najskuteczniej przyniósłby nam

konkretne efekty w postaci redukcji emisji gazów cieplarnianych, zapewnił nam energetyczne bezpieczeństwo oraz uczynił transformację bardziej sprawiedliwą.

Dobra wiadomość jest taka, że Polska już wkroczyła na drogę ku zielonej energii. Transformacja zachodzi, w dużej mierze rękami polskiego społeczeństwa. Pod koniec marca 2023 r. moc zainstalowana fotowoltaiki wynosiła 13 GW. To głównie małe, przydomowe instalacje – posiada je aż 1,2 mln Polaków. Każdego miesiąca padają rekordy produkcji energii z odnawialnych źródeł. Są już dni kiedy ponad połowa energii w naszym systemie pochodzi ze słońca i wiatru. A im więcej mamy czystej energii w systemie, tym mniej spalamy paliw kopalnych – węgla i gazu.

Ponieważ transformacja jest procesem obliczonym na dekady, powtarzają się pytania i wątpliwości, czy da się stworzyć system oparty tylko na OZE. Według Międzynarodowej Agencji Energii nie istnieją ograniczenia technologiczne, aby taki system stworzyć. Scenariusze 100% OZE są opracowywane przez najważniejsze instytucje zajmujące się energetyką i dekarbonizacją. 100% OZE planują osiągnąć do 2030 r. Portugalia, Dania i Austria. Niemcy chcą w 2030 r. produkować 80% energii ze źródeł odnawialnych.

Kluczowa w transformacji energetycznej jest nie tyle zmiana paliwa, ale zmiana całego systemu i naszego myślenia o energetyce. Transformacja energetyczna nie polega na prostym zastąpieniu paliw kopalnych 1:1 energią odnawialną, w dodatku produkowaną głównie przez zmienne źródła zależne od pogody takie jak wiatr i słońce. By zapewnić sobie bezpieczeństwo potrzebujemy nie tylko energetyki opartej na stabilnych źródłach energii – cały system energetyczny ma być stabilny, a przy tym odporny na zmiany klimatu i inne zagrożenia. Istnieje cały wachlarz

opcji takich jak magazynowanie energii czy zarządzanie popytem, które wspólnie tworzą stabilny system przyszłości. Niniejsza publikacja skupia się właśnie na nich. By umożliwić integrację źródeł odnawialnych w systemie energetycznym, kluczowa jest także modernizacja i rozbudowa sieci. To one tworzą przestrzeń dla zależnych od pogody OZE i odgrywają ważną rolę w bilansowaniu popytu i podaży energii. Konieczne są również zmiany w rynku energii. Właściwie zaplanowany rynek pozwala zmiennych OZE wspierać stabilność systemu, np. poprzez świadczenie usług systemowych.

W niniejszej publikacji opisujemy zasady funkcjonowania i elementy stabilnego systemu docelowego, opartego na produkcji energii z odnawialnych źródeł. Istnieją różne scenariusze dojścia do 100% OZE, które zależą od tempa rozwoju źródeł odnawialnych, sieci, magazynów czy otoczenia regulacyjnego. Prezentowany tu system przyszłości to system łączący elektroenergetykę z ciepłownictwem, transportem i inteligentnym magazynowaniem energii. Zakładamy również zasadę „efektywność energetyczna przede wszystkim” (czyli inwestowania najpierw w efektywność, by wykorzystać jej pełen potencjał) oraz docelową elektryfikację gospodarki i dekarbonizację systemu ciepłowniczego – z czym wiążą się elektryfikacja i termomodernizacja. Kwestie związane z dekarbonizacją ciepłownictwa, przemysłu czy transportu wykraczają jednak poza ramy tej publikacji.

Jeśli chodzi o źródła energii, w publikacji nie uwzględniamy spalania odpadów ze względu na emisję zanieczyszczeń i gazów cieplarnianych oraz konieczność wprowadzenia gospodarki obiegu zamkniętego. Pomijamy także rolę energetyki wodnej i nie rekomendujemy jej dalszego rozwoju ze względu na uwarunkowanie geograficzne Polski i ogromne koszty

środowiskowe jej wdrażania. Pomijamy także energię pływów oraz geotermię ze względu na ich lokalne i marginalne w skali kraju znaczenie. Różne scenariusze transformacji całej gospodarki, łącznie z kosztami i zużyciem zasobów oraz zapotrzebowanie Polski na energię, są obszernie opisane w książce „Zrozumieć transformację energetyczną” Marcina Popkiewicza, którą polecamy.

System energetyczny przyszłości oparty na zielonej energii produkowanej przez elektroprosumentów jest nie tylko możliwy do zbudowania, ale jego wdrożenie jest koniecznością. To nie obowiązek Polski, ale całej Unii Europejskiej i świata. Budowa systemu 100% OZE nie jest tylko kwestią zapewnienia bezpieczeństwa energetycznego i klimatycznego, ma również swoje uzasadnienie ekonomiczne i społeczne. Stworzenie systemu przyszłości będzie jednak wymagało przełamania oporu spółek paliwowo-energetycznych: zastąpienia elektrowni konwencjonalnych źródłami bezemisyjnymi oraz zapewnienia dostępu do sieci energetycznej dla poszczególnych elektroprosumentów. Bez tego sprawiedliwa transformacja energetyczna pozostanie wyłącznie pustym sloganem.

System energetyczny przyszłości

Alternatywą dla obecnego scentralizowanego systemu energetycznego jest model elektroprosumenckiej energetyki rozproszonej, który polega na produkowaniu i zużywaniu energii przede wszystkim na miejscu, w obrębie poszczególnych jednostek terytorialnych. Wiodący udział w produkcji i dystrybucji energii mają w tym systemie nie spółki energetyczne, a obywatele i samorządy. W tym systemie jednostki samorządu terytorialnego muszą mieć zagwarantowany dostęp do sieci na zasadach rynkowych lub wręcz powinny stać się ich współwłaścicielami.

Docelowo, by stworzyć system 100% OZE w oparciu o istniejące sieci, powinny być tworzone swego rodzaju samowystarczalne wyspy energetyczne w granicach administracyjnych jednostek samorządu terytorialnego – od sołectw, poprzez gminy, powiaty i województwa. Każda z nich powinna być wyposażona w sieciowy terminal dostępowy pozwalający na kontrolę przepływu energii oraz ograniczeń sieciowych, bardzo istotny w systemach z wieloma źródłami OZE. Wyspy te powinny być w pełni zasilane energią odnawialną pochodzącą z lokalnych źródeł: mikrowiatraków, paneli fotowoltaicznych umieszczonych głównie na dachach, a w przypadku sołectw dodatkowo z mikrobiogazowni. Obiekty w zdecydowanej większości powinny być ogrzewane pompami ciepła.

Wymiana energii w systemie przyszłości w ramach sieci niskiego napięcia powinna odbywać się cały

czas pomiędzy poszczególnymi elektroprosumentami i być wspomagana systemem informatycznym oraz inteligentnymi licznikami energii. Z sieci niskiego napięcia powinny korzystać głównie prywatne domy, szkoły, małe ośrodki zdrowia, domy kultury, remizy, niewielkie ośrodki kultu religijnego czy urzędy gmin. Nadwyżki energii powinny zasilać lokalne magazyny energii elektrycznej i ciepła. Jeśli zajdzie taka potrzeba mogą być przesłane do innych wysp z siecią niskich napięć albo dostarczone do sieci średnich napięć.

Elektroprosumenci to wszystkie osoby fizyczne i prawne, instytucje oraz przedsiębiorstwa będące jednocześnie **producentami i konsumentami** (odbiorcami) zielonej energii elektrycznej, a przy tym aktywnymi uczestnikami rynku energii.

Sieci średnich napięć zasilają z kolei obiekty bardziej energochłonne takie jak szpitale, centra handlowe, biurowce, kryte pływalnie, bloki mieszkalne oraz wieżowce czy małe przedsiębiorstwa. W miarę możliwości każdy z nich również powinien być wyposażony w panele fotowoltaiczne, mikrowiatraki, magazyny energii oraz pompy ciepła. Jeśli energii w sieciach średniego napięcia będzie zbyt mało powinna być uzupełniana z przyłączonych do niej pojedynczych, lokalnych elektrowni wiatrowych lub biogazowych

Rozproszony system energetyczny 100% OZE

Linie najwyższego napięcia 400 kV przesyłają na duże odległości energię produkowaną w morskich farmach wiatrowych oraz ESP. Zachodzą nimi także transgraniczna wymiana energii.

Morskie farmy wiatrowe to źródła energii odnawialnej o największej mocy. Zasilają największe aglomeracje miejskie i zakłady przemysłowe.

Duże lądowe farmy wiatrowe i fotowoltaiczne wspomagane magazynami energii dostarczają energię do **sieci wysokiego napięcia 110 kV**. Zasilają energochłonne zakłady przemysłowe i miasta.

Sieci średnich napięć doprowadzają energię do lokalnych obiektów energochłonnych (szpitale, duże bloki mieszkalne, małe przedsiębiorstwa). W miarę możliwości każdy z nich powinien być także wyposażony w panele fotowoltaiczne, mikrowiatraki, magazyny energii i pompy ciepła.

Nadwyżki energii elektrycznej produkowanej w dużych farmach słonecznych, lądowych i morskich farmach wiatrowych zasilają magazyny energii. Można je też zagospodarować produkując zielony wodór (H₂) w elektrolizerach.

Lokalne elektrownie wiatrowe, biogazowe i magazyny energii wprowadzają ją do **sieci średnich napięć**. Następnie energia jest dostarczana do wsi energetycznych **sieciami niskich napięć**.

Na poziomie sołectw energia jest produkowana przez elektroprosumentów z mikrowiatraków, paneli fotowoltaicznych na dachach, mikrobiogazowni. Nadwyżki zasilają lokalne magazyny energii elektrycznej i ciepła lub są przekazywane do sąsiednich wsi energetycznych.

albo energią pochodzącą z magazynów. W przypadku dalszych braków energia może być dostarczana linią przesyłową 110 kV zasilaną przez duże lądowe farmy wiatrowe i fotowoltaiczne wspomagane magazynami energii.

Wymiana energii w segmentach linii dystrybucyjnych niskiego i średniego napięcia, a także linii wysokiego napięcia 110 kV powinna następować w czasie rzeczywistym we wszystkich możliwych kierunkach. Z linii 110 kV energia elektryczna jest i powinna być równocześnie dostarczana do dużych zakładów przemysłowych oraz miast powyżej pół miliona mieszkańców.

Do energochłonnych aglomeracji miejskich oraz zakładów przemysłowych konieczne jest zapewnienie dostaw energii z wiatrowych farm morskich, czasem uzupełniając ją energią z lądowych farm wiatrowych oraz fotowoltaicznych. Służą do tego linie przesyłowe wysokiego napięcia 400 kV, pozwalające na przesył energii na duże odległości. W przypadku szczytowego zapotrzebowania energia elektryczna może być w nich uzupełniana mocami pochodzącymi z elektrowni szczytowo-pompowych oraz wspierana transgraniczną wymianą energii w ramach rynku europejskiego, tak jak ma to miejsce już dziś.

Potencjał zielonej energii dla Polski

Polska ma olbrzymi potencjał produkcji energii z OZE. Elektrownie wiatrowe na lądzie i morzu, panele fotowoltaiczne oraz biogazownie pozwoliłyby na wyprodukowanie co najmniej 600 TWh energii rocznie. To prawie 3,5 razy więcej energii niż Polska produkuje obecnie. Na szczęście tak duża ilość energii nie jest nam potrzebna. Dzięki termomodernizacji budynków i wykorzystaniu pomp ciepła możemy zmniejszyć

Oszczędności dzięki zielonej energii

Między kwietniem 2021 a kwietniem 2023 moc elektrowni słonecznych wzrosła **o 179%**, a wiatrowych **o połowę**.

Dzięki panelom i wiatrakom wybudowanym przez te dwa lata tylko w kwietniu 2023 uniknęliśmy:

spalenia

450 tys. ton węgla kamiennego
lub

0,2 mld m³ metanu
(aby przewieźć taką ilość, potrzeba 2 tankowców LNG)

emisji

ponad 1 mln ton CO₂,
za którą musielibyśmy zapłacić

461 mln zł

zakupu paliwa,
na które musielibyśmy wydać

253 mln zł

Źródło: Fundacja Instraat

zużycie energii do ogrzewania pomieszczeń o 60%, a do ogrzewania wody o 30%. Zakładając elektryfikację gospodarki łącznie z ciepłownictwem przy jednoczesnym wdrożeniu tego typu działań i ograniczeniu zużycia energii w transporcie o 50%, Polsce wystarczyłoby 70 GW mocy w elektrowniach wiatrowych na lądzie, 25 GW w farmach morskich i 125 GW w panelach fotowoltaicznych. Do ustabilizowania takiego systemu wystarczyłoby nam mniej niż 1 GW w elektrowniach biogazowych. Integralną część systemu stanowiłyby magazyny prądu i ciepła odpowiednio o pojemnościach 100 i 1500 GW, do których byłaby kierowana część nadwyżki energii. Reszta energii pozwoliłaby na wyprodukowanie blisko miliona ton zielonego wodoru możliwego do wykorzystania w zakładach azotowych, hutnictwie czy produkcji cementu. Może on również pełnić funkcję magazynu energii i stanowić kolejne stabilne źródło energii elektrycznej wprowadzonej do sieci. Do dyspozycji zostałoby nam jeszcze 7,5 mld metrów sześciennych biometanu, który będzie cennym, strategicznym źródłem dyspozycyjnym, czyli niezależnym od pory dnia ani pogody. Taka ilość wystarczy na wytworzenie ok. 40 TWh energii elektrycznej, co odpowiada prawie ¼ obecnej, rocznej produkcji w Polsce. Szczegółowych szacunków potencjału OZE dla Polski dokonał Marcin Popkiewicz w publikacji „Zrozumieć transformację energetyczną”.

Produkcja prądu ze słońca i wiatru już dziś bije kolejne rekordy. Ponad 1,2 miliona domów ma na dachach panele fotowoltaiczne. W kwietniu 2023 roku mimo niesprzyjających warunków pogodowych polskie elektrownie wiatrowe i słoneczne zapewniły nam 22% energii elektrycznej (2,7 TWh). To ilość porównywalna z jej miesięcznym zużyciem przez wszystkie gospodarstwa domowe w Polsce. Z kolei zużycie węgla było rekordowo niskie. Rozwój energetyki słonecznej umożliwił przede wszystkim program wsparcia „Mój Prąd”, jednak większość turbin wiatrowych

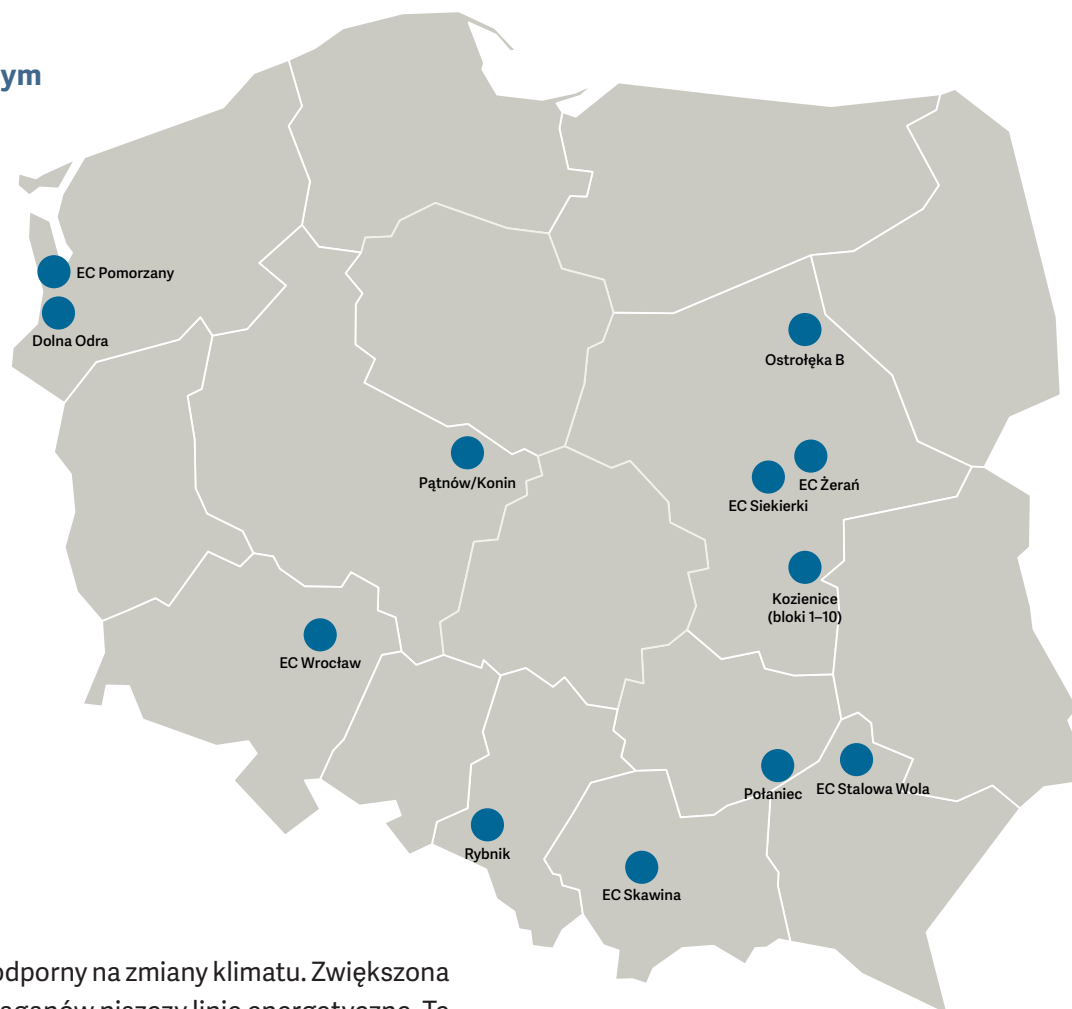
na lądzie powstała przed zablokowaniem ich budowy w 2016 roku. Ekspert polskiego think tanku InStrat wskazuje, że opłaca się rozwijać OZE tak szybko, jak to możliwe. Do 2030 roku Polska mogłaby produkować z czystych źródeł aż 68% energii elektrycznej. Tylko w latach 2026–2030 zaoszczędzilibyśmy dzięki temu aż 31 miliardów złotych na uprawnieniach do emisji CO₂ i imporcie gazu.

Ryzyka związane z systemem scentralizowanym: (nie)bezpieczeństwo militarne i zagrożenia klimatyczne

W Polsce wciąż dominuje myślenie o energetyce, która jest oparta głównie na elektrowniach konwencjonalnych i jądrowych oraz na dużych farmach wiatrowych i fotowoltaicznych, które dostarczają energię na znaczne odległości sieciami przesyłowymi. Taki model narażony jest na szereg ryzyk, którym poświęca się niewiele uwagi, choć ich znaczenie rośnie.

System energetyczny oparty na wielkich elektrowniach może stać się celem ataku terrorystycznego a w czasie wojny stanowi cel militarny, jest podatny zarówno na ataki z użyciem broni konwencjonalnej, jak i cybernetyczne. Specjaliści ostrzegają, że krajowy system energetyczny mógłby zostać unieruchomiony przez strzały snajperskie w kilka dobrze dobranych transformatorów lub izolatorów na liniach wysokiego napięcia. Tylko między 10 a 18 października 2022 r. rosyjskie ostrzały infrastruktury krytycznej w Ukrainie zniszczyły tam 30% mocy powodując masowe przerwy w dostawie energii. Ryzyko to dotyczy także dużych, scentralizowanych źródeł energii odnawialnej – wysadzenie przez armię rosyjską elektrowni wodnej w Nowej Kachowce na południu Ukrainy spowodowało katastrofę humanitarną i ekologiczną.

Elektrownie z otwartym obiegiem chłodzenia w Polsce



Obecny system nie jest odporny na zmiany klimatu. Zwiększona częstotliwość burz i huraganów niszczy linie energetyczne. Te uszkodzenia można naprawić. Trudniej natomiast poradzić sobie z niedoborem wód, które są wykorzystywane do chłodzenia bloków energetycznych. Ten problem dotyczy przede wszystkim elektrowni z otwartym obiegiem chłodzenia i nie zależy od rodzaju spalanego paliwa. W Polsce istnieje 12 takich instalacji, które wykorzystują rocznie ok. 6 mld m³ wody z jezior i rzek, głównie z Wisły i Odry. W czasie letnich upałów poziom wody spada a jednocześnie rośnie jej temperatura, co utrudnia chłodzenie bloków energetycznych i wymusza zmniejszenie ich mocy. Fala upałów w 2015 r. doprowadziła do tak znacznego obniżenia mocy w krajowych elektrowniach, że wprowadzono ograniczenia w dostępie do energii dla przedsiębiorstw (tzw. 20 stopień zasilania). Przez trudności z chłodzeniem w trzecim kwartale 2022 roku gazowa elektrownia w Stalowej Woli ograniczyła swoje moce do zaledwie 1%. W tym samym roku fale upałów doprowadziły do ograniczania mocy francuskich elektrowni jądrowych położonych nad rzekami.

Kto korzysta na scentralizowanej energetyce?

Z dotychczasowego scentralizowanego modelu produkcji i dostaw energii korzystają przede wszystkim koncerny paliwowe i energetyczne, kopalnie oraz operatorzy systemów przesyłowego i dystrybucyjnego. Wokół nich zawiązał się polityczno-korporacyjny sojusz, który decyduje o wysokości cen oraz ilości zielonej energii, którą można wprowadzić do krajowej sieci elektroenergetycznej.

Stabilizacja systemu energetycznego

Ilość energii dostępnej w sieci musi w czasie rzeczywistym odpowiadać popytowi – produkcja prądu musi być dokładnie taka, jak jego zużycie przez przemysł, gospodarstwa domowe i całą gospodarkę. Polski operator sieci przesyłowych PSE wyznacza poziom 9% stałej rezerwy mocy w systemie, która zgodnie z obowiązującym prawem musi pochodzić z jednostek konwencjonalnych (na paliwa kopalne) i magazynów energii, choć nie ma technicznych przeszkód, by funkcję tę spełniały np. biogazownie, elektrownie słoneczne lub wiatrowe ograniczając swoją moc na zlecenie operatora. Wraz ze wzrostem ilości OZE powinno wzrastać znaczenie zasobów elastycznych. W stabilizacji systemu ważną rolę powinien też odgrywać inteligentny system zarządzania popytem na energię. Kolejny element transformacji, który przyczynia się do stabilizacji systemu i bardziej efektywnego wykorzystania zielonej energii, to połączenie sektorów energii elektrycznej, ciepła i transportu, dziś funkcjonujących oddzielnie. Przykładowo zastosowanie pomp ciepła w miejsce paliw stałych łączy elektroenergetykę i ciepłownictwo a ładowanie baterii pojazdów elektrycznych poza szczytem zużycia nadaje im rolę rozproszonych magazynów nadwyżki energii z OZE.

W okresie przejściowym transformacji potrzebujemy również jednostek szczytowych, które mogłyby być włączane i wyłączane niemal natychmiast np. małych turbin gazowych nie na gaz kopalny (ziemny) a biometan. W polskim systemie energetycznym brakuje

tych elastycznych źródeł energii. Elektrownie węglowe robią to zdecydowanie zbyt wolno a ich moc może być zredukowana tylko do pewnego poziomu. Duże elektrownie gazowe, których budowa planowana jest obecnie w Polsce, także nie są wystarczająco elastyczne. Przejście z wielkoskalowej energetyki węglowej na gazową „zabetonuje” obecny scentralizowany system energetyczny i opóźni już tak spóźnioną transformację.

Rola sieci elektroenergetycznych

Obecny scentralizowany system energetyczny oparty na produkcji energii elektrycznej w nielicznych elektrowniach o dużej mocy wymaga systemu sieci najwyższych napięć przesyłających energię na duże odległości. Na końcu tego łańcucha znajdują się odbiorcy energii, do których prąd jest dostarczany liniami 110 kV oraz liniami dystrybucyjnymi średniego i niskiego napięcia.

Polskie sieci przesyłowe i dystrybucyjne są przestarzałe i niedoinwestowane. Prawie 80% linii napowietrznych wysokich i średnich napięć w Polsce zostało wybudowanych ponad 25 lat temu, prawie połowa ma więcej niż 40 lat. W obecnym systemie priorytetem operatorów było zapewnienie, by sieci były stabilne a przy tym generowały jak najmniej kosztów. Rozwój sieci był powolny, brakowało zachęty do inwestycji, modernizacji czy innowacji. Efektem

tak funkcjonującego systemu energetycznego są liczne przerwy w dostawach dotyczące w Polsce około miliona osób, kilkanaście terawatogodzin traconych rocznie na przesył, niedokładne pomiary i prognozy zużycia, windowanie cen za energię a w końcu zwiększony import energii spoza kraju, czy ograniczanie dostępnej mocy ze źródeł odnawialnych w sytuacjach dobrych warunków pogodowych, czyli potencjalnie wysokiej produkcji. Te zapóźnienia powodują także problemy z przyłączeniem farm wiatrowych i fotowoltaicznych i wprowadzeniem do sieci zielonej energii.

Ambitny i szybki rozwój OZE wymaga prawdziwej rewolucji w podejściu do inwestycji w sieci oraz do ich planowania, by wyjść naprzeciw potrzebom nowej energetyki. Inwestycje w sieci trzeba pilnie przyspieszyć a przy tym strategicznie je rozplanować, by wyrównać różnice między wschodnią i zachodnią Polską. Rozwiązania techniczne, które zapewnią ich stabilność są dostępne.

Kto zarządza sieciami w Polsce

Przesył i dystrybucję energii elektrycznej kontroluje w praktyce operator systemu przesyłowego i 4 największych operatorów sieci dystrybucyjnych. Polskie Sieci Elektroenergetyczne (PSE) to spółka Skarbu Państwa będąca jedynym operatorem polskiego systemu przesyłowego (OSP) w ramach Krajowego Systemu Elektroenergetycznego (KSE). Przedsiębiorstwo to świadczy usługi przesyłania energii elektrycznej i odpowiada za stabilność i bezawaryjne działanie całego systemu. Do jego zadań należy utrzymanie sieci przesyłowej w dobrym stanie, remonty i naprawy ale też rozwój krajowej sieci przesyłowej i połączeń transgranicznych. PSE jest też odpowiedzialne za bilansowanie systemu, czyli zapewnienie równowagi między mocą w systemie

a zapotrzebowaniem na energię. Spółka ta zarządza łącznie ok. 16 tysiącami kilometrów sieci przesyłowych najwyższych napięć 400 kV i 220 kV oraz częścią linii o wysokim napięciu 110 kV. Tymi liniami na duże odległości jest przesyłana energia z elektrowni konwencjonalnych, dużych farm wiatrowych i fotowoltaicznych oraz z elektrowni szczytowo-pompowych.

Za rozdział energii i jej dostarczenie do odbiorców sieciami wysokich napięć 110 kV oraz sieciami średnich i niskich napięć są odpowiedzialni Operatorzy Systemu Dystrybucyjnego (OSD) – w Polsce główną rolę odgrywają tu Energa Operator, Enea Operator, Tauron Dystrybucja i PGE Dystrybucja, czyli koncerny energetyczne. Do ich obowiązków należą inwestycje w sieci dystrybucyjne i to OSD wydają zgodę na przyłączenie do sieci nowych mocy OZE oraz narzucają stawki opłat. Koszty utrzymania sieci są przerzucane na odbiorców energii w postaci opłaty dystrybucyjnej zaś znaczne zyski z przesyłu energii elektrycznej wpadają do wspólnego worka grupy energetycznej, do której należy operator i mogą finansować inne, mniej opłacalne działania np. utrzymanie energetyki węglowej. Z tego powodu jednym z elementów transformacji powinien być rozdział OSD od koncernów energetycznych.

Elektroprosument powinien być tak samo ważnym graczem na rynku energii, jakim dziś są koncerny energetyczne, czyli mieć dostęp do pełnej informacji o przepływach w sieci i współużytkować ją na tych samych zasadach. W systemie opartym na energetyce obywatelskiej właścicielami lub współwłaścicielami lokalnych sieci powinny być np. samorządy.

Wyzwanie modernizacji

W 2022 r. Tauron Dystrybucja, Energa-Operator, PGE Dystrybucja oraz Enea Operator wydały **ponad 7 tys. odmów przyłączenia**, obejmujących źródła takie jak farmy wiatrowe i słoneczne o łącznej mocy 51 GW, argumentując to brakiem przepustowości sieci.

Dziś to nie inwestycje w OZE a sieci elektroenergetyczne są wąskim gardłem blokującym rozwój energetyki odnawialnej i transformacji energetycznej w ogóle. Ich stan ma też kluczowe znaczenie dla niezawodności dostaw energii dla odbiorców. Sieci elektroenergetyczne starego typu zaprojektowane do współpracy z elektrowniami konwencjonalnymi o dużej mocy nie są przystosowane do gwałtownych zmian ilości produkowanej i zużywanej energii. Krytycy modelu energetyki opartej w 100% na energii odnawialnej słusznie wskazują na kłopot z bilansowaniem sieci, do której wprowadzana jest energia ze zmiennych OZE (zależnych od pogody energetyki słonecznej i wiatrowej) oraz na skoki napięcia związane ze zmianami ilości produkowanego przez nie prądu w krótkim czasie. Warto pamiętać, że wraz z elektryfikacją gospodarki zużycie prądu wzrośnie i już sam ten fakt pociąga za sobą konieczność modernizacji i rozbudowy sieci. Jedną z alternatyw jest szybszy wzrost rozproszonego wytwarzania energii na lokalne potrzeby, w szczególności paneli słonecznych, które można połączyć w lokalne mikrosieci. Każda mikrosieć mogłaby działać jako niezależna wyspa, ale byłaby również w stanie wymieniać energię ze swoimi sąsiadami. Nie byłoby potrzeby tworzenia dużej sieci szkieletowej, ponieważ w pobliżu generowana byłaby wystarczająca ilość energii elektrycznej. Zarządzanie siecią jest wyzwaniem nie tyle

natury technologicznej co z dziedziny optymalizacji. Energetyka rozproszona wymaga przede wszystkim rozbudowy i modernizacji już istniejących sieci dystrybucyjnych i rozdzielczych. Modernizacja sieci elektroenergetycznych powinna następować w kierunku tworzenia smart grid – inteligentnych sieci elektroenergetycznych. Zintegrowanie istniejącej infrastruktury sieciowej z nowymi technologiami komunikacyjnymi i informatycznymi pozwoli wprowadzić dynamiczne mechanizmy zarządzania popytem na energię a przy tym rozwiąże bolączki obecnego polskiego systemu elektroenergetycznego – ograniczy straty energii elektrycznej na przesyłach i dystrybucji i poprawi jego odporność i niezawodność.

Za dużo OZE zagrożeniem dla sieci?

W niedzielę 23 kwietnia 2023 r. PSE ogłosiły stan zagrożenia bezpieczeństwa dostaw energii elektrycznej i zarządziły odłączenie od sieci ok. 3 GW zielonej mocy oraz ratowały się eksportem energii do sąsiadów. Tego dnia zużycie energii było niskie a jednocześnie panowały świetne warunki dla energetyki wiatrowej i słonecznej, które produkowały ok. 50% energii. Dlaczego to moc energii z OZE została ograniczona, a nie ta produkowana przez elektrownie konwencjonalne? To PSE decyduje, czy w celu stabilizacji systemu konieczne jest włączanie dodatkowych mocy albo odwrotnie – ich wyłączenie. Na tym najczęściej cierpią OZE. W mediach pojawiły się alarmujące nagłówki: „stan zagrożenia spowodowany przez OZE”, „za dużo wiatru/słońca”, „mamy za dużo OZE w systemie”! To nie rozwój energetyki odnawialnej jest problemem, tylko zły stan sieci i ich niedostosowanie do zmieniającej się energetyki. Trafnie podsumował to Marcin Dusiło, starszy analityk polskiego think tanku Forum Energii: „Wyobraźmy sobie fabrykę, która potrzebuje do pracy wody. Nie musi być nie wiadomo jakiej jakości, bo i tak będzie uzdatniona

w trakcie procesu technologicznego. Ta fabryka ma 2 źródła wody – z sieci wodociągowej oraz zbiera deszczówkę do małych wolnostojących otwartych zbiorników. Za pierwszą musi płacić, za drugą nie. I teraz wyobraźmy sobie, że przyszedł sezon na obfite deszcze i w momencie dużych opadów zbiorniki deszczówki okazują się być za małe, sporo darmowej wody jest tracone (wylewa się ze zbiornika), a fabryka cały czas musi kupować wodę z wodociągów. Teraz wyobraźcie sobie, że dziennikarze i analitycy zamiast stwierdzić, że trzeba powiększyć zbiorniki na deszczówkę, by móc w większym stopniu skorzystać z wody, która i tak pada z nieba, piszą, że jest za dużo deszczu. W godzinach *okresu zagrożenia*” cena energii elektrycznej wahała się w okolicy 100–200 zł/MWh. Po ustaniu *zagrożenia* ceny wróciły do normy – o godzinie 18:00, 1 MWh energii elektrycznej kosztowała 592 zł/MWh.”

Bardziej efektywne wykorzystanie istniejącej infrastruktury

Energetyka odnawialna połączona z działaniami na rzecz zwiększenia efektywności energetycznej, czyli pozwalającymi na zmniejszenie ilości zużywanej energii może i powinna korzystać z istniejących sieci, zwłaszcza średnich oraz niskich napięć, a w przypadku dużych farm wiatrowych i fotowoltaicznych z sieci wysokich napięć (110 kV). Produkcja energii ze słońca i wiatru zależy od warunków pogodowych, dlatego pojedyncze źródło energii odnawialnej zwykle nie działa z pełną mocą i wykorzystuje przyznany mu limit wyprowadzanej mocy w niewielkim stopniu. Jednak te źródła energii przeważnie produkują prąd naprzemiennie i wzajemnie się uzupełniają. Znacznie bardziej efektywnym rozwiązaniem byłby więc cable pooling, czyli połączenie w tym samym węźle przyłączenia różnych źródeł OZE znajdujących się blisko siebie (a także magazynów energii

czy elektrolizerów), których sumaryczna moc jest większa, niż moc przyłączeniowa. Wykorzystanie jednego przyłącza przez różne źródła energii umożliwiono między innymi w Holandii, ale polskie prawo nie przewiduje tego rozwiązania z obawy przed przeciążeniem sieci. Badania wskazują jednak, że w ciągu roku występuje niewiele takich momentów i można nimi zarządzać dzięki magazynom energii, elektrolizerom czy poprzez ograniczenie produkcji w niektórych źródłach energii. Ekspert Forum Energii wykazali, że cable pooling umożliwiłby przyłączenie do sieci dodatkowych 25 GW mocy OZE oraz wygenerował ok. 40 miliardów złotych oszczędności.

Gdy mocniej wieje u sąsiada – transgraniczna wymiana energii

Jednym ze sposobów radzenia sobie z nadmiarem lub niedoborem energii w systemie jest jej transgraniczna wymiana z państwami i regionami, gdzie panują chwilowo lepsze warunki pogodowe do produkcji zielonej energii. Handel między sąsiadującymi krajami zwiększa bezpieczeństwo polskiego systemu energetycznego a dzięki sprzedaży nadwyżek energii za granicę poprawia rentowność energetyki odnawialnej. Ekspert Instytutu wykazali, że bardzo wysoki udział źródeł odnawialnych w miksie energetycznym nie prowadzi do zwiększenia zależności Polski od importu energii. W zaproponowanym modelu w 2030 r. saldo handlowe byłoby praktycznie zerowe a w 2040 r. import energii byłby niemal o połowę mniejszy, niż w 2020 r. Z takiego rozwiązania korzyści odnoszą wszyscy partnerzy podczas gdy dziś jesteśmy importerem paliw kopalnych jednostronnie uzależnionym od niestabilnych rynków i polityki innych państw, w tym niedemokratycznych i famiących prawa człowieka jak Katar i Arabia Saudyjska. Wzrost importu paliw kopalnych do Polski w ostatnich 20 latach był jednym z największych wśród 27 krajów UE.

W 2022 r. Polska wydała na import paliw kopalnych rekordowe 193 mld zł, w tym 80 mld zł na gaz, i to mimo spadku produkcji prądu zarówno z węgla, jak i z gazu. W ostatnich 20 latach puściliśmy z dymem ponad bilion złotych.

Zarządzanie stroną popytową energii

Odpowiedzią na wyzwania związane z bardzo szybkim rozwojem OZE jest wprowadzanie elastycznych rozwiązań także na etapie konsumpcji energii. Elastyczny system energetyczny zakłada udział w zarządzaniu popytem na energię po stronie odbiorców, zarówno przemysłu jak i gospodarstw domowych. Jak w każdym systemie dostaw, również w systemie energetycznym czasem zachodzi dysproporcja pomiędzy podażą a popytem. W takich sytuacjach konieczne jest odpowiednie zarządzanie zużyciem energii elektrycznej, czyli regulacja naszego zapotrzebowania na prąd. Zarządzanie popytem (Demand Side Management, DSM) to w praktyce bilansowanie sieci elektrycznej z aktywnym udziałem odbiorców końcowych – nas wszystkich. Jest to szczególnie ważne latem i zimą, gdy z jednej strony zużywamy jej najwięcej, a z drugiej występują drastyczne różnice w jej produkcji z OZE w cyklu dobowym. Efektywne wykorzystanie tego mechanizmu ograniczyłoby też rolę dyspozycyjnych mocy szczytowych niezależnych od pogody – dziś są to duże bloki na paliwa kopalne, w systemie przyszłości tą funkcję pełniłyby magazyny energii czy małe elektrownie na biogaz.

Zarządzanie popytem jest możliwe dzięki zastosowaniu inteligentnego systemu pomiarowego: liczników energii elektrycznej, infrastruktury transmisyjnej, systemu zarządzania danymi pomiarowymi etc. Inteligentne sieci umożliwiają komunikację między poszczególnymi elektroprosumentami oraz optymalizację zarządzania w ramach danej sieci. Zachodzi ono już na poziomie poszczególnych „wysp”, które dążą do zaspokojenia zapotrzebowania na energię przede wszystkim z lokalnych źródeł. Międzynarodowe doświadczenia, choć są osadzone głównie w strukturze korporacyjnej energetyki udowadniają, że odpowiednie zarządzanie popytem to mechanizm opłacalny i niezawodny, a przy tym bardziej bezawaryjny niż jednostki produkujące energię. Może osiągnąć nawet 10% mocy systemu w szczycie zapotrzebowania. Otwarcie rynku energii elektrycznej na zarządzanie popytem umożliwiłoby obrót gotowością do redukcji zużycia prądu.

Elastyczność systemu elektroenergetycznego

to zdolność do bilansowania podaży i popytu na energię elektryczną w różnych przedziałach czasowych – od ultrakrótkich (poniżej sekundy) do długoterminowych (wieloletnich).

Bilansowanie sieci zapewnia równowagę pomiędzy zapotrzebowaniem na prąd a jego produkcją.

Dania, w której w 2022 r. wiatr i słońce pokryły 60% produkcji prądu, wykorzystuje zarządzanie popytem, już teraz uwzględniając nie tylko większych konsumentów, ale również indywidualne gospodarstwa domowe.

Pierwszy taki projekt pilotażowy został zrealizowany na duńskiej wyspie **Bornholm**, która już dzisiaj pozyskuje prąd oraz ciepło wyłącznie z OZE i postawiła sobie cel zostania do 2040 r. w 100% odnawialną w każdym sektorze gospodarki. Aby zbilansować lokalną sieć dystrybucyjną w 2011 r. operator systemu Østkraft podłączył do wspólnego agregatora 2000 domostw, tak aby mogły uczestniczyć w lokalnym rynku jako jeden gracz. Mieszkańcy z wyprzedzeniem otrzymywali informacje o zapotrzebowaniu na prąd w trybie godzinowym oraz indywidualne taryfowanie, w zamian za co musieli zobowiązać się do obniżenia zapotrzebowania w godzinach szczytowych.

Wyniki 4-letniego programu udowodniły, że uwzględnienie tylko 10% mieszkańców wyspy

spowoduje **obniżenie zapotrzebowania szczytowego o 1,2%**. Gmina Bornholm kontynuuje transformację energetyczną angażując coraz więcej mieszkańców w ramach projektu zarządzania popytem pod nazwą Eco Grid 2.0.

Wyniki projektów pokazały, że **uwzględnianie konsumenta w bilansowaniu sieci to korzyść zarówno dla odbiorców, jak i operatorów**.

Dzięki elastycznym taryfom cenowym odbiorcy zyskali korzyści finansowe oraz czuli większą integrację i przynależność do społeczności poprzez rolę, jaką mogli odegrać w transformacji energetycznej. Z kolei operator zmniejsza produkcję w momencie największych przeciążeń na linii, oszczędzając sobie pracy i pieniędzy.

Kolejne takie projekty są realizowane przez 19 partnerów w Danii na wyspie Samsø, w Hiszpanii na Maderze oraz w Wielkiej Brytanii na Orkadach w ramach europejskiego projektu Smart Islands Energy System, w skrócie SMILE (co po angielsku znaczy „uśmiech”).

Magazyny energii – narzędzia bilansowania systemu OZE

Ilość odnawialnych źródeł energii (OZE) w systemie energetycznym Polski wzrasta błyskawicznie. Zwiększa się efektywność oraz liczba godzin wykorzystania OZE. Rosnący udział mocy odnawialnych prowadzi jednak do większej zmienności na poziomie wytwarzania. Barięą dla dalszego rozwoju OZE jest brak elastyczności systemu. Jego bilansowanie wymaga dyspozycyjnych, elastycznych źródeł energii, mających zdolność szybkiego reagowania na

zmiany wytwarzania poprzez skokowe zwiększenie lub zmniejszenie produkcji energii. Jednym z rozwiązań na płynnie reagowanie na zmiany popytu i podaży energii są magazyny energii. Pozwalają one łączyć energię w czasie nadwyżki prądu i oddawać ją w czasie niedoboru.

Istnieje bardzo wiele różnych technologii o różnym stopniu obciążenia środowiska i opłacalności, nadających się do magazynowania w horyzoncie krótkoterminowym (dobowym, dziennym) lub sezonowym. Magazynem energii elektrycznej czyli aktywnym

elementem systemu energetycznego mogą być magazyny bateryjne, czy istniejące elektrownie szczytowo-pompowe, baterie domowe, sieciowe, stacje ładowania pojazdów elektrycznych a także same pojazdy (baterie samochodowe) czy mniej znane technologie takie jak magazyny sprężonego lub ciekłego powietrza lub magazyny bezwładnikowe. Funkcję magazynu energii może pełnić też zielony wodór.

Magazyny, które można wykorzystać w elektrowniach OZE, są również ważnym elementem systemu sieci elektroenergetycznych, uelastyczniają je świadcząc między innymi takie usługi jak kontrola częstotliwości i napięć. U odbiorców końcowych stanowią rezerwowe źródło zasilania, przez co mogą wyeliminować wykorzystywane dziś agregaty prądotwórcze na paliwa kopalne (również w infrastrukturze krytycznej np. w szpitalach). Magazyny zwiększają także opłacalność fotowoltaiki u elektroprosumentów poprzez zwiększenie autokonsumpcji energii. Bateryjne magazynowanie energii jest także odpowiedzią na wyzwanie zapewnienie odporności sieci przy ładowaniu samochodów elektrycznych. Jeśli auta pobierają prąd z magazynu, nie obciążają bezpośrednio sieci.

Ogromnym środowiskowym wyzwaniem jest natomiast recykling elektrochemicznych magazynów energii, dlatego tak ważną rolę musi pełnić efektywność energetyczna oraz takie metody stabilizacji sieci jak np. zarządzanie popytem. W Polsce jeden z największych zakładów recyklingu budowany jest w Zawierciu. Zakład Elemental będzie zajmował się odzyskiem cennych metali (lit, kobalt, platyna, pallad czy rod) z baterii, ale także z laptopów i smartfonów.

Naukowcy pracują nad rozwiązaniami zapewniającymi ognioodporność czy długość działania magazynów oraz nad wykorzystaniem do ich produkcji

powszechnie dostępnych materiałów. Rozwój magazynów umożliwiających przechowywanie i oddawanie energii w sposób dynamiczny jest niezbędnym elementem przyszłej gospodarki neutralnej klimatycznie. Polska jest jednym z liderów produkcji magazynów bateryjnych. Produujemy jednak na eksport ze względu na ograniczenia własnego rynku. To się jednak zmienia – magazyny energii są już finansowane z programu Mój Prąd i od 2022 zdobywają kontrakty na rynku mocy.

ESP, czyli elektrownie szczytowo-pompowe

Elektrownia szczytowo-pompowa (ESP) to elektrownia wykorzystująca energię potencjalną różnicy poziomu wód znajdujących się w dwóch zbiornikach położonych na różnych wysokościach. Woda ze zbiornika dolnego zostaje przepompowana do górnego z wykorzystaniem energii elektrycznej w okresie, gdy występuje nadprodukcja prądu (a jego cena najniższa). Gdy w systemie brakuje mocy, górny zbiornik jest opróżniany a woda spływa przez turbiny wytwarzające prąd odzyskując w ten sposób 80–85% zmagazynowanej energii. Z 6 istniejących w Polsce ESP do magazynowania energii regularnie wykorzystywane są tylko elektrownie Żarnowiec, Żydowo i Porąbka-Żar. Wykorzystanie zbiorników wodnych będących ostojami dla przyrody nie wchodzi w grę gdyż nagłe zmiany poziomu wody są nie do udźwignięcia dla ekosystemu.

W 2022 r. powrócono do opracowanych i porzuconych jeszcze w PRL planów budowy dodatkowych 6 ESP. Pierwsza w kolejce byłaby Elektrownia Młoty, która już wywołuje silny opór lokalnej społeczności i organizacji społecznych. Choć ESP dobrze nadają się do średnio i długoterminowego magazynowania

energii, ich budowa (zarówno zbiorników wodnych jak linii energetycznych wysokiego napięcia) trwa 10–20 lat i pociąga za sobą olbrzymi koszt ekonomiczny oraz środowiskowy i społeczny: zniszczenie terenów górskich, zaburzenie stosunków wodnych, zalanie cennych i chronionych obszarów, nawet całych miejscowości i związane z tym przesiedlenia.

Eksperti wskazują, że istnieją miejsca, które można zagospodarować nie niszcząc przyrody i z korzyścią dla lokalnych mieszkańców. Po zakończeniu eksploatacji i zalaniu kopalnie odkrywkowe węgla brunatnego w Turowie, Szczercowie czy Bełchatowie mogłyby zostać przekształcone w duże ESP. Wadą takiego rozwiązania jest wysoki koszt i długi czas realizacji, gdyż cały proces trwałby co najmniej 30 lat. Koncentracja bardzo dużej rezerwy mocy w jednym miejscu wpisuje się w model energetyki scentralizowanej i nie współgra z koncepcją rozproszonego, bardzo elastycznego systemu energetycznego. Być może jako małe ESP na lokalne potrzeby mogłyby posłużyć szyby zamkniętych kopalń węgla kamiennego. Testowane są też niekonwencjonalne rozwiązania takie, jak działające na podobnych zasadach elektrownie umieszczone na dnie morza, ale sens ich stosowania zależy m.in. od skutków środowiskowych, które nie zostały jeszcze zbadane.

Istniejące ESP już odgrywają ważną rolę w stabilizowaniu systemu i powinny być modernizowane, jednak budowa kolejnych nie jest dobrym rozwiązaniem. Istnieją tańsze i mniej szkodliwe technologie magazynowania energii, które można wdrożyć znacznie szybciej i lepiej nadają się do współpracy z rozproszonym systemem energetycznym.

Biogaz – tylko odpadowy

Biogazownie są ważnym ogniwem w miksie energetycznym opartym na odnawialnych źródłach energii, pozwalającym na jego stabilizację, czyli uzupełnianie energii w momentach kiedy słabiej wieje lub jest mniej słonecznie. Biogaz to mieszanina gazów takich jak metan (ok. 60%), dwutlenek węgla (ok. 40%) i innych (siarkowodoru i amoniaku <1%) wytwarzana w procesie beztlenowej fermentacji i rozkładu materii organicznej (obornika, gnojowicy, słomy, zepsutej żywności, odpadów z przemysłu spożywczego, skoszonej trawy), ale też niestety biomasy z upraw celowych (np. z kiszonki z kukurydzy). W zależności od surowca, biogaz zawiera około 45–75% metanu. Biometan natomiast to oczyszczony biogaz, nie do odróżnienia od gazu kopalnego, bo składający się z tego samego związku chemicznego – metanu (CH₄).

Zwiększenie skali upraw celowych i przemysłowej hodowli zwierzęcej jest największym zagrożeniem związanym z rozwojem sektora biogazowni. Stosowanie celowych upraw na rzecz produkcji biogazu powinno się zupełnie wykluczyć, a w przypadku hodowli zwierzęcej wprowadzić odpowiednie przepisy, tak by biogazownie były przejściowym sposobem na zagospodarowanie odpadów z tego przemysłu, a nie jego ukrytym wsparciem.

Roczny potencjał produkcji biogazu odpadowego w Polsce (głównie przy wykorzystaniu odpadów rolniczych, bez upraw celowych) wynosi 13–15 mld m³. Wyliczenia te są prawdopodobnie niedoszacowane – odpady nie są dziś traktowane jako cenny surowiec energetyczny i dane o nich nie są dokładnie zbierane i raportowane. 13–15 mld m³ biogazu można oczyścić do postaci biometanu, który mógłby zastąpić 8 mld m³ importowanego gazu kopalnego. Rozwinięcie produkcji biogazu mogłoby pozwolić na

zaspokojenie niemal połowy dzisiejszego zapotrzebowania na gaz kopalny. Docelowo do stabilizowania systemu opartego w 100% na energii odnawialnej wystarczy nam mniej niż 1 mld m³ biometanu.

Biogazownie są mniej emisyjne niż spalarnie i inne technologie produkcji energii wykorzystujące paliwa kopalne. Skierowanie odpadów do biogazowni (np. z obornika, gnojowicy, odpadów na wysypiskach) pozwala uniknąć emisji metanu do atmosfery podczas ich tradycyjnego składowania. W przypadku biogazowni metan ten jest wychwytywany i spalany do CO₂.

W Polsce funkcjonuje około 200 biogazowni i mikrobiogazowni rolniczych i podobnie ok. 200 biogazowni komunalnych (na oczyszczalniach ścieków, wysypiskach i w zakładach gospodarki odpadami). W Niemczech, kraju o podobnym potencjale rolniczym jest ich 10 tysięcy, co jest efektem wspierania tej technologii. W 2022 r. Polska przeznaczyła na rozwój biogazowni 4,5 mln zł w postaci dotacji i pożyczek. W Polsce nie ma ani jednej biometanowni – dla porównania we Francji jest ich ponad 300, a w Niemczech ponad 200. Najwięcej emocji wzbudza zapewnienie bezodporności biogazowni.

Wymaga to przede wszystkim odpowiedniego składowania wykorzystywanych odpadów. Dobrze działająca biogazownia nie emituje odorów – nieszczelna instalacja to strata cennego biogazu.

Biogazownie z jednej strony mogą umożliwić rolnictwu osiągnięcie celów klimatycznych, a z drugiej strony upodmiotowić wieś jako ważnego gracza systemu energetycznego. Energia pochodząca z biogazowni będzie miała szczególnie wysoką wartość w systemie energetycznym przyszłości ze względu na swoją dyspozycyjność i może być konkurencyjna cenowo w porównaniu z tą uzyskaną z rozwiązań opartych na paliwach kopalnych.

Biogazownie to bardzo stabilne i w pełni sterowalne źródło energii. Jednocześnie, bazując na własnych surowcach, własnych substratach, zwiększamy nasze bezpieczeństwo zarówno lokalnie, jak i w skali całego kraju. W połączeniu z innymi źródłami OZE (wiatr, panele fotowoltaiczne, magazyny energii, elektrolizery) oraz efektywnością energetyczną wykorzystanie dostępnych odpadów w biogazowniach pozwoliłoby na osiągnięcie samowystarczalności energetycznej Polski.

Uwaga na fałszywe rozwiązania

Biomasa drzewna to nie OZE

Biomasa jest zaliczana do stabilnych źródeł energii, gdyż jej wykorzystanie nie jest uzależnione od niemożliwych do kontrolowania warunków zewnętrznych np. pogodowych. Unijna dyrektywa o odnawialnych źródłach energii klasyfikuje energię ze spalania drewna jako odnawialną, jednak biomasa drzewna nie jest zrównoważonym, neutralnym dla klimatu paliwem – jednoznacznie nie powinno być miejsca dla tego paliwa w systemie energetycznym przyszłości. Zrównoważone jest wyłącznie spalanie wtórnej biomasy drzewnej, czyli odpadów z przemysłu drzewnego i papierniczego. Tak długo, jak biomasa drzewna będzie uznawana za OZE, zwiększenie celów udziału energii ze źródeł odnawialnych w miksie energetycznym grozi niszczeniem przyrody i torpedowaniem realizacji celów klimatycznych.

Setki naukowców i organizacji społecznych apelują, by nie zaliczać biomasy drzewnej do OZE i nie spalać drzew do produkcji prądu i ciepła na masową skalę.

- Na każdą tonę spalanej biomasy drzewnej do atmosfery trafia tona CO₂.
- Biomasa ma niższą kaloryczność niż paliwa kopalne a bloki energetyczne na biomasę – niższą sprawność. W krótkim horyzoncie czasowym emisje ze spalania biomasy leśnej na jednostkę energii są ok. 50% wyższe niż te ze spalanie węgla

Bioenergia – energia wygenerowana ze szczątków organizmów żywych lub produktów ich przemiany materii. Do źródeł bioenergii zalicza się biomasę, biopaliwa oraz biogaz.

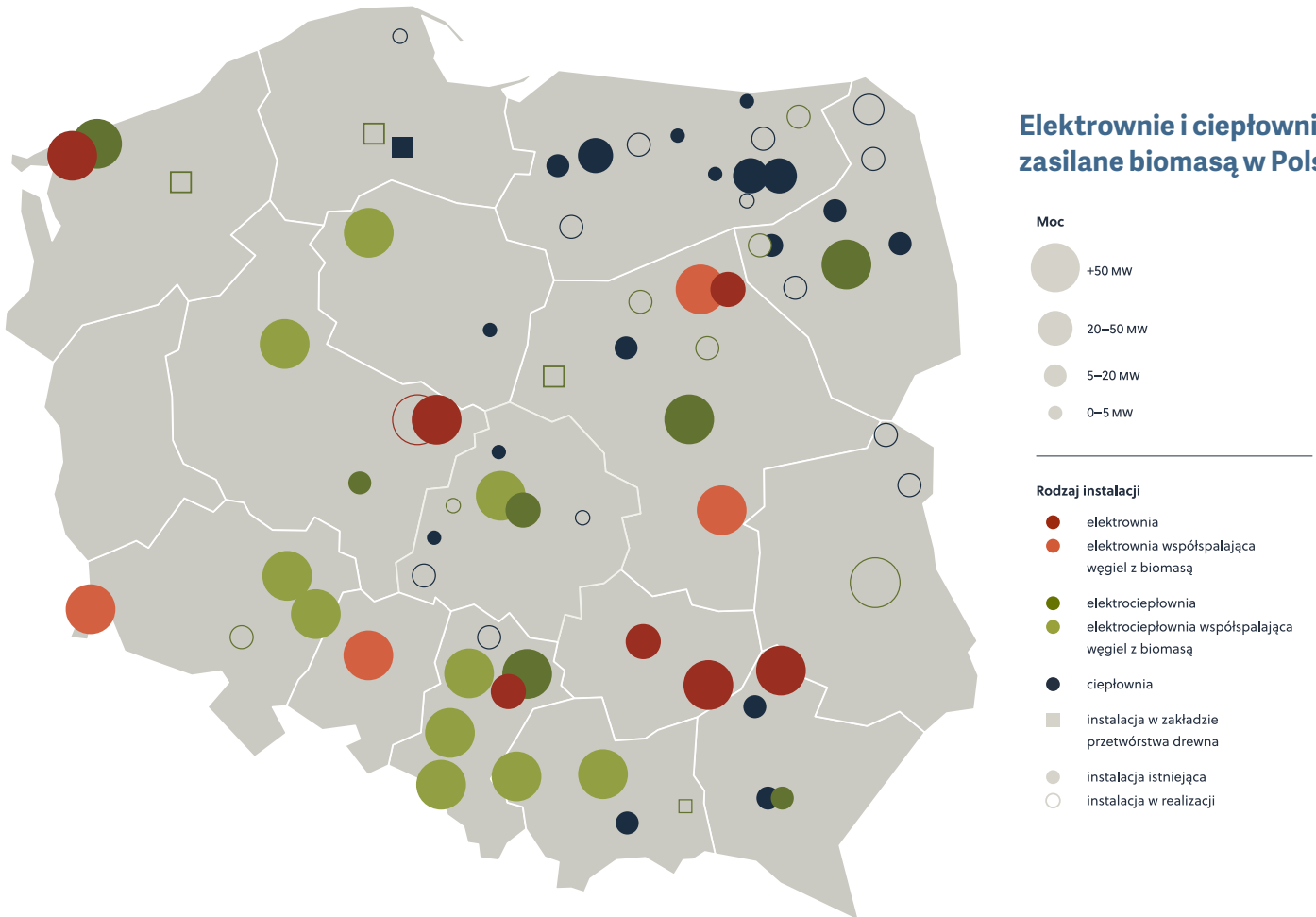
Biomasa drzewna – jeden z rodzajów biomasy, to szczątki drzew i krzewów pochodzących z lasów (biomasa leśna), rolnictwa (np. z sadów) lub np. z zieleni miejskiej.

kamienno i ok. 300–400% wyższe niż ze spalania gazu kopalnego.

- Rzeczywisty wpływ na klimat musi też uwzględniać emisje z procesów pozyskania, transportu (np. pelletu drzewnego z USA), obróbki i suszenia surowca (ciepłem ze spalania paliw kopalnych).
- Międzyrządowy Zespół do spraw Zmian Klimatu wskazuje, że emisja gazów cieplarnianych powstająca podczas wylesiania jest jednym z czołowych przyczyn obecnej zmiany klimatu.

Spalanie biomasy drzewnej powoduje także niszczenie przyrody. Sektor bioenergii ma bardziej destruktywny wpływ na przyrodę niż pozyskanie drewna na cele materiałowe, zaburza integralność ekosystemów leśnych, negatywnie wpływa na leśną różnorodność biologiczną, usuwając martwe drewno prowadzi do degradacji lasu. Las zasobny w martwe drewno to zdrowy las. 20 do 40% gatunków leśnych

Elektrownie i ciepłownie zasilane biomasą w Polsce



wymaga na którymś etapie swojego życia obecności rozkładającego się drewna. Nie można (i nie trzeba!) rozwiązywać problemów energetycznych kosztem przyrody.

Lasy grają kluczową rolę w łagodzeniu zmian klimatu, gdyż dwutlenek węgla wchłaniany z atmosfery przez rosnące drzewa, leśną glebę i martwe drewno może być związany na setki lat. 1 m³ drewna wiąże około 1 tony CO₂, jednak z punktu widzenia ochrony klimatu liczy się jego ilość trwale zmagazynowanego w ekosystemie. Liczy się też czas – zanim drzewa pobiorą z atmosfery ilość CO₂ równą wyemitowanej podczas spalania biomasy drzewnej upływa od kilkudziesięciu do ponad stu lat, podczas gdy drastyczna redukcja emisji CO₂ jest konieczna w horyzoncie 10–20 lat.

Około połowa drewna pozyskanego z polskich lasów trafia do spalania. Zużycie biomasy drzewnej do produkcji energii wzrosło w Polsce w latach 2004–2020 140 razy! Krajowy plan na rzecz energii i klimatu na lata 2021–2030 przewiduje, że biomasa ma stać się głównym OZE w ciepłownictwie, a jej krajowa produkcja wzrośnie o ponad połowę (56%). W tzw. Zielonym Bloku Elektrowni Połaniec spala się rocznie ok. 1,1 mln ton biomasy, z czego ok. 60% to zrębki leśne. Odpowiada to spalaniu 20 ha lasu dziennie. Prawie 70% wygenerowanej energii jest marnowane, gdyż sprawność wytwarzania energii elektrycznej wynosi ok. 30%. Jeśli cały prąd byłby w Polsce produkowany w „zielonych blokach” na biomasę, spalilibyśmy polskie lasy w całości w niecałe 10 lat.

Ograniczona rola wodoru

„Paliwo przyszłości” to najczęstsze określenie dla wodoru pojawiające się w mediach i na branżowych konferencjach. Bez wątpienia wodór odegra ważną rolę w dekarbonizacji wybranych sektorów, jednak mówienie o całej gospodarce wodorowej jest wyłącznie nadmuchiwaniem wodorowej bańki. Wodorowa gospodarka to scenariusz pisany przez lobby gazowe. Wodoru zielonego – czyli produkowanego na drodze elektrolizy wody z wykorzystaniem nadwyżek energii elektrycznej z wiatru i słońca – będzie zbyt mało, by zaspokoić rozdmuchany popyt, i będzie zbyt cenny, by wykorzystywać go powszechnie.

Wodór jest nośnikiem energii, którego emisyjność zależy od metody jego wytwarzania. Obecnie prawie 100% globalnej produkcji wodoru jest oparte na paliwach kopalnych: gazie, węglu i ropie naftowej. Powoduje to znaczne emisje gazów cieplarnianych, w tym dwutlenku węgla i metanu, dlatego na taki wodór nie ma miejsca w świecie walczącym z kryzysem klimatycznym. Istnieje też inny rodzaj produkcji wodoru – elektroliza, czyli rozbitcie cząsteczek wody na tlen i wodór za pomocą energii elektrycznej. Jeśli prąd pochodzi z zielonej energii, taki wodór jest niskoemisyjny. W 2022 mniej niż 1% wodoru był produkowany dzięki energii odnawialnej.

Elektroliza jest procesem bardzo energochłonnym, a więc również droгим. Zielony wodór będzie odgrywał ważną rolę w zagospodarowaniu nadwyżek energii słonecznej i wiatrowej. Może pełnić funkcję magazynu energii dla elektroenergetyki i stabilizatora systemu, ale będzie ona ograniczona ze względu na niską efektywność i wysoką cenę takiego procesu oraz istnienie tańszych, bardziej efektywnych rozwiązań. Ze względu na swoją cenę i ograniczoną dostępność zielony wodór powinien być używany

wyłącznie do dekarbonizacji tych gałęzi gospodarki, których elektryfikacja jest bardzo trudna lub niemożliwa (w hutnictwie, transporcie dalekobieżnym, przemyśle zbrojeniowym, do produkcji nawozów). Ani jedno z 40 niezależnych badań (IPCC, IEA, McKinsey, IRENA, UCL, Imperial College, PIK, Energy Transition Commission) nie potwierdza powszechnego stosowania wodoru w ciepłownictwie.

Lobby gazowe opowiada się za zastępowaniem błękitnego paliwa wodorem w energetyce i ciepłownictwie, gdyż zaspokojenie takiego popytu wymagałoby produkcji wodoru z paliw kopalnych, co pozwoliłoby utrzymać wydobycie gazu przez kolejne dekady. Z naukowego punktu widzenia takie podejście ma niewielkie szanse na powodzenie. Wodór jest dużo mniejszą cząsteczką niż metan, główny składnik gazu ziemnego. Istniejąca infrastruktura gazowa umożliwiłaby w przyszłości jedynie blending, czyli mieszanie gazu ziemnego z wodorem, jednak nie jest dostosowana do wykorzystania czy transportu samego wodoru. Koncept infrastruktury energetycznej „hydrogene ready” (gotowej na wodór) oznacza w praktyce dodanie 10% wodoru do gazu, co przekłada się na zaledwie 1% redukcji emisji CO₂ i jest marnotrawstwem cennego nośnika energii potrzebnego w innych sektorach. Ze względu na ograniczenia w produkcji zielonego wodoru i trudności infrastrukturalne wodór powinien być używany wyłącznie lokalnie i tylko do wybranych zastosowań.

Lobby paliw kopalnych, które promuje koncept gospodarki wodorowej, wydaje średnio 60 mln euro rocznie na próby wpłynięcia na politykę unijną (Źródło: Raport „The Hydroge Hype”). Europejska strategia wodorowa, opublikowana w lipcu 2020 r., jest niepokojąco podobna do postulatów lobbystów gazowych skupionych w inicjatywie Hydrogen Europe zarówno w zakresie celów, jak i inwestycji w wodór w UE

i poza nią. Kraje takie jak Ukraina, Algieria czy Egipt powinny wykorzystywać swoją odnawialną energię, by zastąpić paliwa kopalne we własnych systemach energetycznych i zaspokoić lokalne potrzeby.

Marnowanie jej do wytwarzania wodoru wysłanego do Europy, aby UE mogła osiągnąć redukcję emisji, płacąc za to słony rachunek, nie jest produkcją zrównoważonego paliwa, lecz neokolonializmem.



Grafika została przygotowana przez Corporate Europe Observatory, Food & Water Watch i Re:Common i przetłumaczona przez Pracownię na rzecz Wszystkich Istot za zgodą ww. organizacji. Zmiany dokonane w oryginalnym tekście zostały wyróżnione.

https://www.foodandwatereurope.org/wp-content/uploads/2020/12/HydrogenHype_Report2020.pdf



Czarny / Brązowy wodór

PROCES: zgazowanie węgla, czyli reakcja węgla z tlenem i parą wodną w warunkach wysokiej temperatury i ciśnienia

EMISJE: dwutlenek węgla i inne gazy, trafiają wprost do środowiska

WERDYKT: niszczytel klimatu



Szary wodór

PROCES: reforming parowy gazu ziemnego (steam methane reformation), czyli reakcji metanu i pary wodnej w warunkach wysokiej temperatury i ciśnienia

EMISJE: dwutlenek węgla i wycieki metanu, gazy cieplarniane trafiają wprost do środowiska

WERDYKT: niszczytel klimatu



Niebieski wodór

PROCES: reforming parowy (SMR) gazu ziemnego, ale emisje są wychwytywane

EMISJE: dwutlenek węgla i metan ucieczkowy, CO₂ jest wychwytywany i składowany za pomocą bardzo kosztownych, energochłonnych i eksperymentalnych technologii CCS/CCUS

WERDYKT: niszczytel klimatu, emisje o 20% większe, niż przy spalaniu gazu! greenwashigowy pomysł przemysłu gazowego na usprawiedliwienie dalszego wydobycia gazu i utrzymanie modelu business as usual



Wodorowa tęcza

Przemysł gazowy promuje wodór jako „czysty” i „zielony”. Różne sposoby produkowania wodoru udowadniają, że wodór wodorowi nierówny. Aż 80 procent światowej produkcji wodoru pochodzi z gazu kopalnego – metanu, który jest gazem cieplarnianym 86 razy „silniejszym” od dwutlenku węgla. Wycieki metanu związane z wydobyciem, przesyłem i używaniem gazu powodują, że jest to paliwo równie szkodliwe dla klimatu jak węgiel. Wodór produkowany z gazu jest więc tak samo szkodliwy jak gaz. Obecnie 96% wodoru powstaje z paliw kopalnych. Mniej niż 1% jest produkowany dzięki odnawialnym źródłom energii.



Żółty wodór

PROCES: elektroliza, czyli rozbicie cząsteczek wody na wodór i tlen za pomocą energii elektrycznej, prąd pochodzi z mixu energetycznego danego kraju, bez podziału na jego źródła (Uwaga: czasem kolorem żółtym określa się wodór produkowany dzięki energetyce słonecznej, ale to jeden z rodzajów wodoru zielonego)

EMISJE: tak wysokie jak emisje mixu energetycznego danego kraju

WERDYKT: niszczytel klimatu



Różowy / Fioletowy wodór

PROCES: elektroliza, czyli rozbicie cząsteczek wody na wodór i tlen za pomocą prądu, prąd pochodzi z energii jądrowej

EMISJE: wydobycie i przetwarzanie uranu wiąże się z emisjami dwutlenku węgla

WERDYKT: obciążony wszystkimi wadami energetyki jądrowej



Zielony wodór

PROCES: elektroliza, czyli rozbicie cząsteczek wody na wodór i tlen za pomocą prądu pochodzącego ze źródeł odnawialnych np. wiatru, wody, słońca.

EMISJE: produkcja jest bliska zeroemisyjnej (o ile do produkcji zielonego prądu nie jest używana biomasa drzewna)

WERDYKT: najczystszy sposób produkcji wodoru, ale jego wykorzystanie na masową skalę jest nierealne



Dane i źródła

Publikacja, którą mają Państwo w ręku jest uzupełnieniem dla filmu *Polska niezależna energetycznie. Od paliw kopalnych do zielonej energii*, który w przystępny sposób tłumaczy działanie elektroprosumenckiego modelu transformacji energetycznej. Na kanałach YT Towarzystwa na rzecz Ziemi i Pracowni na rzecz Wszystkich Istot znajdują Państwo także nagranie poświęcone mu webinarium z udziałem dr inż. Krzysztofa Bodzka z Politechniki Śląskiej, Roberta Wawrętego, eksperta Towarzystwa na rzecz Ziemi i ekspertki Koalicji Klimatycznej, Diany Maciąga z Pracowni na rzecz Wszystkich Istot.

Zainteresowanych szczegółami technicznymi modelu elektroprosumenckiej transformacji energetycznej (Transformacja energetyczna w trybie innowacji przełomowej, TETIP) odsyłamy do prac naukowców z Politechniki Śląskiej: wspomnianego już dr inż. Krzysztofa Bodzka z Katedry Energoelektroniki, Napędu Elektrycznego i Robotyki i prof. dr. hab. Jana Popczyka z Katedry Elektroenergetyki i Sterowania Układów, współtwórcy PSE. Trzeba mieć na uwadze, że są to publikacje wysoce specjalistyczne.

Zrozumieć transformację energetyczną. Od depresji do wizji to książka Marcina Popkiewicza, który analizuje elementy transformacji energetycznej zgodnej z ochroną klimatu i porównuje różne opcje dekarbonizacji gospodarki, ich koszty i konsekwencje – od nie zmieniającego niczego „biznesu jak zwykle” po scenariusz „100% OZE”. Uzupełnieniem lektury jest ***Symulator polskiego systemu energetycznego*** – dostępny online model przygotowany przez

autora w ramach grantu NCBR. Polecamy także ***webinar z Marcinem Popkiewiczem*** poświęcony transformacji i modelowi 100% OZE.

Zespół ekspertów ***Fundacji InStrat*** regularnie publikuje raporty dotyczące transformacji energetycznej w Polsce. Polecamy m. in. ***Brakujący element układanki***. Zachęcamy również do śledzenia publikacji ***Forum Energii***, jednak trzeba pamiętać, że przedstawione przez nich rozwiązania wpisują się przede wszystkim w korporacyjny model energetyki.

Zainteresowanym transformacją energetyczną na poziomie Europy Środkowo Wschodniej oraz kontekstem unijnym odsyłamy do licznych materiałów przygotowanych przez międzynarodowe zespoły takie jak think tank ***Ember*** i koalicja ***Climate Action Network Europe*** oraz raportu ***Freedom from fossil fuels*** kampanii Beyond Fossil Fuels. O magazynowaniu energii można dowiedzieć się więcej np. z raportu ***Dostępne i przyszłe formy magazynowania energii*** przygotowanego przez Fundację WWF Polska.

Na koniec polecamy ***serwis klimatyczny Pracowni na rzecz Wszystkich Istot***, który w jednym miejscu zbiera dane i źródła o głębokiej transformacji energetycznej bez paliw kopalnych. Znajdą w nim Państwo informacje dotyczące zmiany klimatu i zagrożeń z nią związanych, polskich planów zastąpienia węgla gazem kopalnym oraz kwestie związane z bezpieczeństwem energetycznym oraz polityką klimatyczną.